Digitally
signed
by
LEONARDO
DI RIENZO
IT

DOCUMENT: **RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA**

No.: K83804-35/C.05c/0001

Client Doc. No.:

PROJECT REFERENCE:
Project No.: **K838**
Client: **LIGHTSPEED**
Project: **AMBITO DI TRASFORMAZIONE 7**
Project Location: **SETTIMO MILANESE (Milano)**

Issue	Date	Issue Description	Originated	Verified	Approved
B	24.07.2025	Emissione per risposta Condizione 6.9	MCAS	PDIV	LDIR
A	13.06.2023	Emissione per sottomissione PdC	MCAS	FVER	NCAR

This document was prepared by Jacobs and can be used exclusively for the purposes foreseen by the contract under which it was supplied. Any reproduction, assignment and in any case any use for different purposes are forbidden in the absence of a previous authorisation by Jacobs. The content of the document is protected by the norms on copyright and intellectual property.

INDEX

1. PREMESSA ---- 3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO ---- 4
3. INFORMAZIONI GENERALI SULL'INTERVENTO IN ESAME ---- 5
3.1. Situazione dello stato di fatto ---- 5
3.2. Situazione di progetto ---- 5
4. PORTATE MASSIME SCARICABILI ---- 8
5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO ---- 9
6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI ---- 11
6.1. Requisiti minimi ---- 11
6.2. Metodo analitico di dettaglio ---- 12
6.2.1. Ietogramma di pioggia di progetto ---- 12
6.2.2. Ietogramma di pioggia netto ---- 13
6.2.3. Idrogramma in ingresso all'invaso ---- 13
6.2.4. Calcolo portata infiltrata ---- 15
6.2.5. Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio ---- 15
7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA ---- 17
8. TEMPO DI SVUOTAMENTO ---- 18
9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI ---- 19
9.1. CARATTERISTICHE GENERALI ---- 19
9.2. LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA ---- 20
9.3. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE ---- 21
9.4. IETOGRAMMA DI PIOGGIA ---- 22
9.5. IDROGRAMMA DI PIENA ---- 24
9.6. DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA ---- 25
9.7. CALCOLO DINAMICA INVASO ---- 26
9.8. VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA (vedere capitoli 11 e 12 per descrizione sistema) ---- 29
10. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DISPERSIONE ---- 31
10.1. Soggiacenza minima ---- 31
10.2. Permeabilità sito-specifica ---- 31
11. SISTEMA DI RACCOLTA, LAMINAZIONE E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE ---- 33
11.1. Descrizione della soluzione progettuale e individuazione dei recapiti ---- 33
11.2. FOSSI DI GUARDIA ---- 34
11.3. SISTEMI DISPERDENTI IN CLS ---- 35
11.4. Dimensionamento del sistema di dispersione ---- 35

1. PREMESSA

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al R.R. 7/2017 di Regione Lombardia come integrato e modificato dal R.R. 8/2019 e normative correlate. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.
Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.
Il Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 contiene "criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)".
Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di afflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera a) della l.r. 12/2005.
Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate che i volumi di afflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera b) della l.r. 12/2005.
In particolare, con tale Regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

È inoltre previsto che i progettisti debbano consegnare, per gli interventi edilizi definiti dal Regolamento, una relazione d'invarianza idraulica e idrologica articolata nei seguenti punti:

- calcolo del volume di laminazione per il rispetto dei limiti di portata meteorica massima scaricabile nei ricettori;
- proposte di soluzione per la gestione delle acque meteoriche nel rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica;
- progetto di tutte le componenti del sistema di drenaggio e dello scarico terminale, qualora necessario, completo di planimetrie, profili, sezioni e particolari costruttivi;
- piano di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento regionale.

Il presente documento si concentra sul primo punto, ossia il calcolo del volume di laminazione per il rispetto dei limiti di portata meteorica massima scaricabile nei ricettori, in quanto allegato ad una richiesta di Permesso di Costruire dell'edifico MIL03 all'interno di un piano attuativo denominato **"AMBITO DI TRASFORMAZIONE 7"**.

Il software utilizzato per il calcolo è EDILCLIMA EC737 – versione 2

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Regolamento regionale 19 Aprile 2019 n.8 "criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".
- Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 – Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica.
- Legge regionale 15 marzo 2016, n. 4 – Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua.
- Legge Regionale 21 novembre 2011, n. 17 – Partecipazione della Regione Lombardia alla formazione e attuazione del diritto dell'Unione europea.
- Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 – Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne.
- Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 – Legge per il governo del territorio.
- Legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 – Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche.
- UNI/TS 1445, maggio 2012 - Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano. Progettazione, installazione e manutenzione.
- UNI EN 1717, novembre 2002 - Protezione dall'inquinamento dell'acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l'inquinamento da riflusso.
- UNI EN 12053-3 - Sistema d'intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio).
- UNI 9184 - Sistemi di scarico delle acque meteoriche - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.

3. INFORMAZIONI GENERALI SULL'INTERVENTO IN ESAME

L'intervento oggetto di progettazione preliminare è il "Progetto di nuovo immobile a destinazione terziaria" sito nel comune di Settimo Milanese, Via Reiss Romoli, provincia di Milano denominato "AMBITO DI TRASFORMAZIONE 7".
Attualmente l'area dove è previsto l'intervento risulta non urbanizzata.

Inquadramento aereo dell'area oggetto di intervento

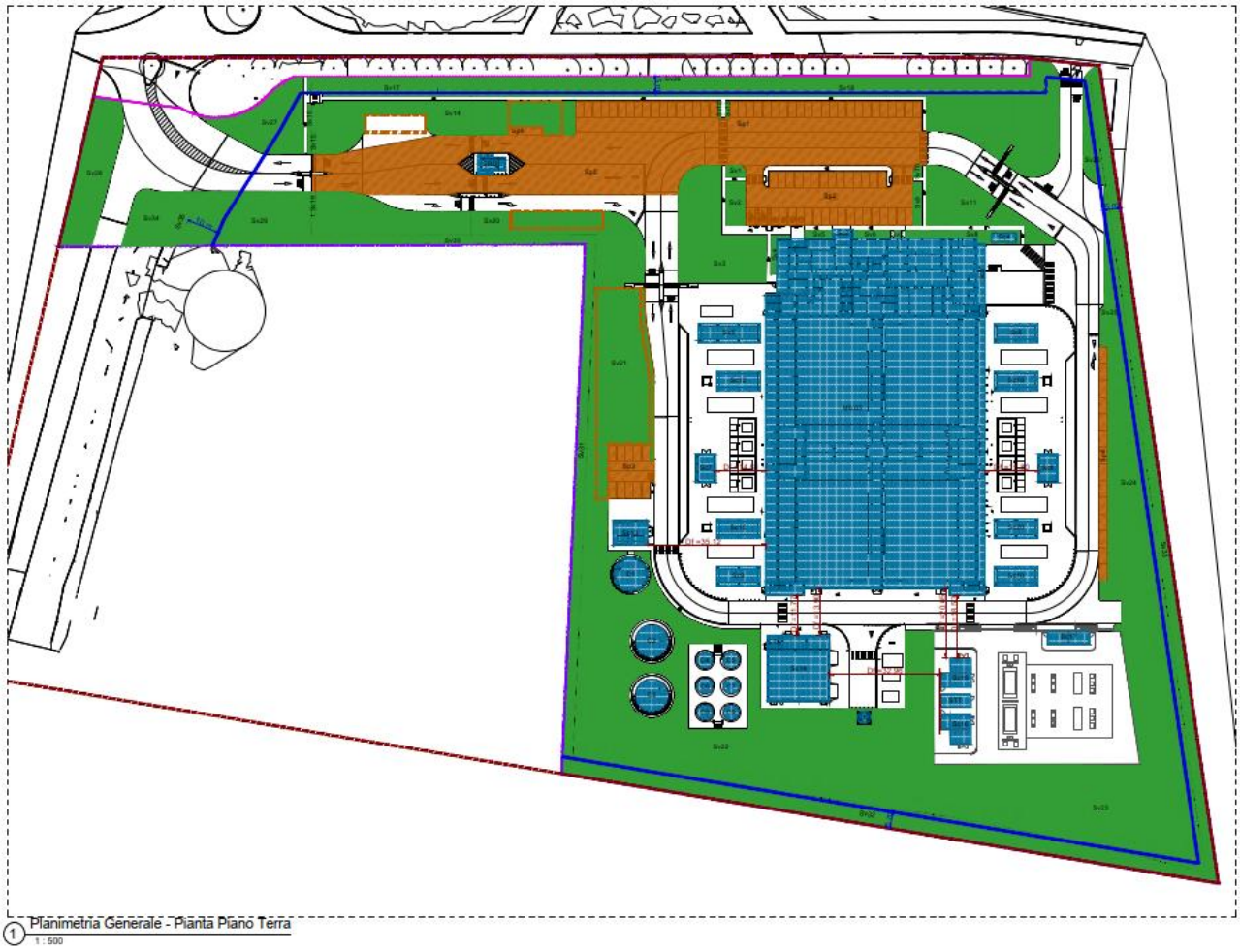
Trattandosi di un intervento di nuova costruzione lo stesso ricade nell'ambito di applicazione del Regolamento Regionale 7/2017 e precisamente nella fattispecie dell'art. 3 comma 2 lettera a) nuova costruzione, compresi gli ampliamenti. Essendo piano attuativo risulta essere assoggettato alle disposizioni dell'art.7 comma 5.

3.1. Situazione dello stato di fatto

L'area oggetto di intervento è ad oggi un'area verde incolta e non urbanizzata internamente per una superficie complessiva di circa 48281 m^2.

3.2. Situazione di progetto

Il progetto oggetto della richiesta di Permesso di Costruire prevede la realizzazione di un complesso urbanisticamente definito come "Direzionale" meglio descritto nelle tavole di progetto di cui la presente relazione costituisce un allegato, di seguito è riportato uno stralcio planimetrico della tavola di progetto.



Estratto della planimetria di progetto

SUPERFICI DI PROGETTO	m^2
Area Complessiva del lotto	48.281
Aree da cedere alla Municipalità	1325
Totale superficie di progetto	**44414**
Di cui impermeabili	**25.288**

Come già specificato l'area in oggetto è sita in:

Comune di	Settimo Milanese	Provincia	Milano
Livello di criticità	Area B - criticità media		
Classe dell'intervento	3 - Impermeabilizzazione potenziale alta		

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	**Tipo area**	**Superficie [m²]**	**Coeff. Afflusso φ**
	Area impermeabile	25288,0	1,00

Superficie totale 25288,0 m^2 Coefficiente afflusso medio ponderale φ_m 1,0000

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \varphi_m \cdot A$$

Q_{umax} [l/s]: portata massima in uscita dall'invaso
A [ha]: area totale dell'intervento
φ_m [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale
u_{lim} [l/(s · ha_{imp})]: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 per ciascun ambito, sono:

- Aree A: u_{lim} = 10 [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: u_{lim} = 20 [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: u_{lim} = 20 [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

Nel caso specifico Q_{umax} =50,6 l/s.

5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 *[mm/ora^n]*: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

w_T *[-]*: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno *TR [anni]*

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left\{1 - \left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k\right\}$$

ε, α, κ [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro *n* che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0{,}5$.

Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia: *http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml*

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

TR = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

TR = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo analitico di dettaglio

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

6.1. Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m^2, ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:

- Aree A: w_{min} = 800* [m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: w_{min} = 500 [m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: w_{min} = 400 [m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

6.2. Metodo analitico di dettaglio

Il metodo analitico di dettaglio prevede di calcolare in modo analitico la curva della portata entrante nell'accumulo, minuto per minuto, l'altezza idrica nell'invaso e la contestuale portata uscente o infiltrata, per un evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

Noto il volume invasato istante per istante, si calcola il relativo valore massimo, che rappresenta il volume minimo che l'accumulo deve possedere al fine di garantire il vincolo di invarianza ed il rispetto della portata scaricata, per detto evento meteorico di fissata durata e tempo di ritorno.

La durata dell'evento meteorico ritenuto critico viene riportato nel report dei calcoli.

Per quanto attiene alla portata entrante nel serbatoio essa viene calcolata, mediante il modello cinematico, come somma delle portate generate dalle singole aree.

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- calcolo ietogramma di pioggia di progetto lorda mediante lo ietogramma Chicago;
- depurazione delle piogge e calcolo dello ietogramma netto;
- calcolo dell'idrogramma in ingresso all'accumulo come somma degli idrogrammi generati dalla singola area;
- calcolo del bilancio del serbatoio e del battente idrico al suo interno minuto per minuto;
- calcolo del volume invasato e dell'idrogramma in uscita dall'invaso;
- calcolo del volume minimo di laminazione come valore massimo del volume invasato.

6.2.1. Ietogramma di pioggia di progetto

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco.

Il calcolo dell'altezza di precipitazione h [mm], in funzione del tempo t [ore], viene calcolato con le seguenti.

$$h(t) = r \cdot a \left[\left(\frac{t_r}{r}\right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r}\right)^n \right] \qquad per \;\; t \le t_r$$

$$h(t) = r \cdot a \cdot \left(\frac{t_r}{r}\right)^n + a \cdot (1-r) \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-r}\right)^n \qquad per \;\; t_r < t \le t_p$$

Per durate superiori alla durata della precipitazione t_p esso rimane costante.

h [mm]: altezza di precipitazione

a [mm/ora^n]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

r [-]: coefficiente di posizione del picco di precipitazione rispetto alla durata della pioggia

t [ore]: generico istante di calcolo

t_p *[ore]*: durata della precipitazione

t_r *[ore]*: tempo del picco di precipitazione pari a $t_p \cdot r$

I parametri *a* ed *n* adottati sono quelli che fanno riferimento alla durata della precipitazione di progetto.

Il range di applicazione del coefficiente di posizione risulta $0 \leq r \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre r=0,4 valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Sulla base di tali formule l'intensità di precipitazione i [mm/h], al generico istante t [ore], viene calcolato con la seguente.

$$i(t) = \frac{h(t) - h(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

i [mm/ora]: intensità di precipitazione

Δt [ore]: passo di calcolo dell'intensità di precipitazione posto pari a 1 min.

6.2.2. Ietogramma di pioggia netto

Lo ietogramma di pioggia netto viene calcolato mediante il metodo percentuale, esso risulta essere, pertanto, dato dalla seguente formula:

$$i_n(t) = \varphi \cdot i(t)$$

i_n *[mm/ora]*: intensità di pioggia netta

i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

φ [-]: coefficiente di afflusso

6.2.3. Idrogramma in ingresso all'invaso

L'idrogramma in ingresso all'invaso viene calcolato come somma degli idrogrammi delle singole aree.

Nello specifico si adotta il modello cinematico, ipotizzando una curva area tempi lineare.

Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 suggerisce di utilizzare come modello afflussi-deflussi per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'invaso il metodo della corrivazione.

Le equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata, le seguenti.

$$\begin{cases} q_k = \sum_{j=1}^{k} p_j \cdot IUH_{k-j+1} \cdot \Delta t \\ p_j = \frac{2{,}78}{1000} \cdot i_{n,j} \cdot A \\ IUH_{k-j+1} = \frac{1}{A} \cdot \frac{A_{k-j+1}}{\Delta t} \end{cases}$$

q_k *[m³/s]*: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$

p_j *[m³/s]*: volume di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

$i_{n,j}$ *[mm/ora]*: intensità di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

Δt *[ore]*: intervallo di tempo considerato, pari ad 1 minuto

IUH_{k-j+1} *[-]*: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A_{k-j+1} *[ha]*: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A *[ha]*: area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari:

$$IUH_{k-j+1} = \frac{1}{t_c}$$

t_c *[ore]*: tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c, nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

$$t_c = t_e + \frac{t_r}{1{,}5}$$

t_e *[ore]*: tempo di entrata in rete

t_r *[ore]*: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo

1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete t_r si può calcolare come, il valore massimo di percorrenza di tutti i percorsi possibili:

$$t_r = max_j \left\{ \sum_l \frac{L_{i,j}}{V_{r,i,j}} \right\}$$

j [-]: j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata

i [-]: i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

L_{ij} *[m]*: lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

V_{rij} *[m/s]*: velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento V_r si può calcolare utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$$V_r = k_s \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

R [m]: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: $R = D/4$

D [m]: diametro interno della condotta

i [-]: pendenza della condotta

k_s *[m$^{1/3}$/s]*: coefficiente di scabrezza della condotta di Strikler

Per piccole superfici, quali tetti e cortili interni, il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in tabella seguente.

Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Tipi di bacini	**t_e [min]**
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
Centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
Aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Il tempo di base dell'idrogramma di piena t_b si calcola come $t_b = \theta + t_c$, *dove* θ è la durata della precipitazione.

6.2.4. Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

Q_{inf} *[m^3/s]*: portata infiltrata

K_{calc} *[m/s]*: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

i [m/m]: gradiente idraulico

A_f *[m^2]*: superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

6.2.5. Calcolo del volume invasato con il metodo di dettaglio

Il calcolo del volume invasato dal sistema di laminazione e della portata scaricata viene descritto dall'equazioni di continuità seguente.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

Q_e *[m^3/s]*: portata in ingresso all'invaso

Q_u *[m^3/s]*: portata in uscita dall'invaso, scaricata o infiltrata

W [m^3]: volume invasato

t [s]: tempo

Dove il volume invasato W, in ipotesi di forma prismatica, è dato dalla seguente relazione.

$$W = W[H(t)] = A_{inv} \cdot H(t)$$

H [m]: battente idrico all'interno dell'invaso

A_{inv} *[m²]*: area di base dell'invaso

Q_u è la legge di efflusso dell'invaso che dipende dal battente idrico H, come descritto nel paragrafo precedente.

$$Q_u = Q_u\big(H(t)\big)$$

Q_e è la portata in ingresso all'invaso relativa al tempo di ritorno di progetto ed alla durata critica di progetto.

Risolvendo numericamente l'equazione di continuità è possibile definire istante per istante l'altezza del battente idrico, il volume invasato e la portata scaricata o infiltrata.

Il volume minimo che deve avere l'invaso W_0 è dato dal massimo valore di tutti i volumi d'acqua invasati in tutti gli intervalli di tempo i-esimi.

$$W_0 = max_i(W_i)$$

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

8. TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

W [m³]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

Q_u [m³/s]: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durate il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da rispristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

W [m³]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m³/s]: portata infiltrata

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato mediante la simulazione dinamica dell'invaso, come tempo intercorrente tra il termine dell'evento meteorico ed il tempo di completo svuotamento dell'invaso.

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

9.1. CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Settimo Milanese Provincia Milano

Livello di criticità Area B - criticità media

Metodi di calcolo adottati
Requisiti minimi Metodo analitico di dettaglio

Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	20,00	l/(s*ha$_{imp}$)	
Origine del vincolo di portata: .			

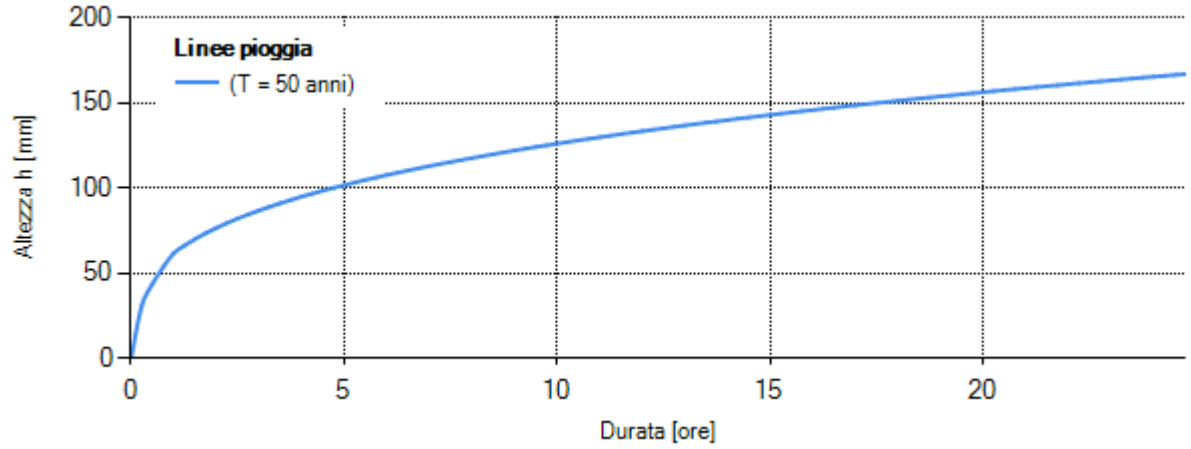
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m^2]	Coeff. Afflusso φ
	Area impermeabile	25288,0	1,00

Sup. totale intervento 25288,0 m^2 Coeff. afflusso medio ponderale φ_m 1,0000

9.2. LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	30,33	mm/h^n
Coefficiente di scala	n	0,3093	-
GEV - Parametro alfa	α	0,2963	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0278	-
GEV - Parametro epsilon	ε	0,8201	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-
Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (*http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml*). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).			

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	61,91
2	76,72
3	86,97
4	95,06
5	101,85
6	107,76
7	113,02
8	117,79
9	122,16
10	126,20
11	129,98
12	133,53
13	136,87
14	140,05
15	143,07
16	145,95
17	148,71
18	151,37
19	153,92

20	156,38
21	158,76
22	161,06
23	163,29
24	165,45

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,041	-
Parametro pioggia	a	61,912	mm/h^n

Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.
T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.
T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

9.3. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m^2]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
	Area impermeabile	25288,0	1,00	10
Superficie totale intervento: 25288,0 m^2		Valori medi	1,0000	

9.4. IETOGRAMMA DI PIOGGIA

Definizione ietogramma di pioggia -		
Durata pioggia di progetto (θ)	1,00	ore
Coefficiente di posizione (r)	0,40	-
Metodo di depurazione delle piogge	Metodo percentuale	

Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:

In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

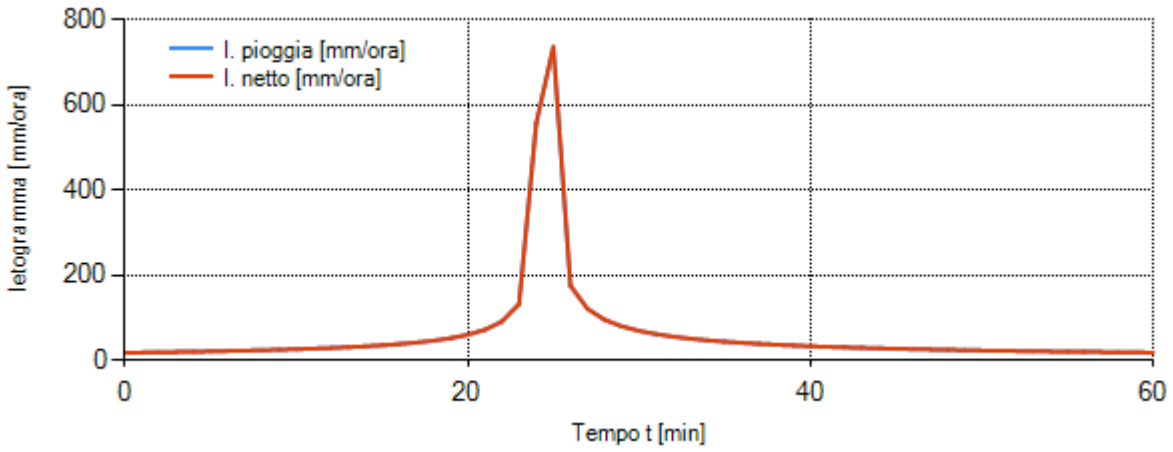
Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Ietogramma di pioggia - Grafico



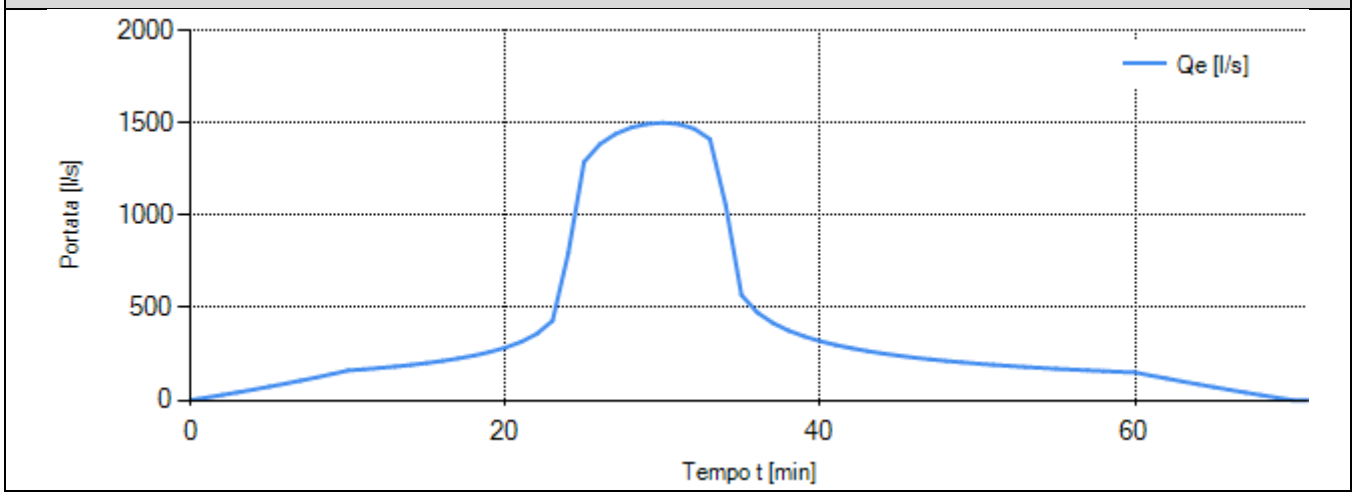
Ietogramma di pioggia - Risultati tabellari		
Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	18,88	18,88
4	21,35	21,35
5	22,11	22,11
6	22,92	22,92
7	23,82	23,82
8	24,81	24,81
9	25,91	25,91
10	27,13	27,13
11	28,50	28,50
12	30,06	30,06
13	31,84	31,84
14	33,91	33,91
15	36,34	36,34
16	39,25	39,25
17	42,80	42,80
18	47,26	47,26
19	53,06	53,06

20	61,00	61,00
21	72,68	72,68
22	92,05	92,05
23	132,95	132,95
24	556,02	556,02
25	735,72	735,72
26	175,92	175,92
27	121,81	121,81
28	96,17	96,17
29	80,72	80,72
30	70,21	70,21
31	62,53	62,53
32	56,63	56,63
33	51,93	51,93
34	48,09	48,09
35	44,87	44,87
36	42,13	42,13
37	39,77	39,77
38	37,71	37,71
39	35,90	35,90
40	34,28	34,28
41	32,83	32,83
42	31,52	31,52
43	30,33	30,33
44	29,25	29,25
45	28,26	28,26
46	27,34	27,34
47	26,50	26,50
48	25,71	25,71
49	24,98	24,98
50	24,30	24,30
51	23,66	23,66
52	23,07	23,07
53	22,50	22,50
54	21,97	21,97
55	21,47	21,47
56	21,00	21,00
57	20,55	20,55
58	20,13	20,13
59	19,72	19,72
60	19,34	19,34

9.5. IDROGRAMMA DI PIENA

Area			
Tipo area		Area impermeabile	
Superficie		25288,0	m²
Coefficiente di afflusso	φ	1,00	-
Tempo corrivazione	t_c	10	min

Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	**0**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Portata Q_e [l/s]	0,00	57,27	72,81	88,92	105,67	123,11	141,33	160,40	166,77	173,83
Tempo [min]	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**
Portata Q_e [l/s]	181,69	190,52	200,53	212,01	225,35	241,13	260,22	284,03	315,09	358,67
Tempo [min]	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**
Portata Q_e [l/s]	429,75	796,79	1288,46	1384,54	1440,09	1474,47	1493,92	1500,39	1493,26	1468,36
Tempo [min]	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**
Portata Q_e [l/s]	1411,40	1054,32	568,65	474,59	416,92	375,82	344,31	319,05	298,17	280,52
Tempo [min]	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**
Portata Q_e [l/s]	265,34	252,09	240,41	230,02	220,69	212,25	204,57	197,56	191,11	185,17
Tempo [min]	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**
Portata Q_e [l/s]	179,67	174,55	169,78	165,32	161,14	157,21	153,52	150,03	133,40	117,18
Tempo [min]	**63**	**64**	**65**	**70**						
Portata Q_e [l/s]	101,36	85,91	70,82	0,00						

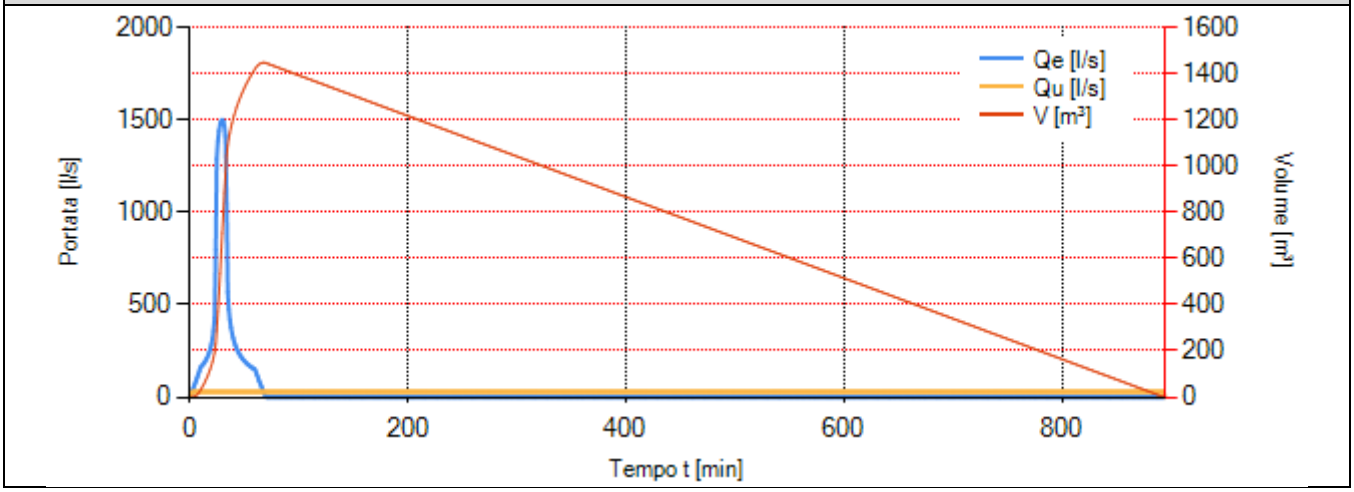
9.6. DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	350,00	m^3/ha_{imp}
Volume invaso minimo	W_0	885,08	m^3
Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.			

Metodo analitico di dettaglio			
Durata critica	D_W	1,00	ore
Battente idrico massimo	H_{max}	1,39	m
Volume invaso minimo	W	1447,73	m^3
Metodologia: Modello cinematico, mediante integrale di convoluzione, con curva area tempi lineare e ietogramma tipo Chicago.			

9.7. CALCOLO DINAMICA INVASO

Dinamica invaso (portata entrante, uscente/infiltrata, volume invasato) - Grafico



Risultati tabellari

Tempo [min]	Portata entrante Q_e [l/s]	Portata scaricata/infiltrata Q_u [l/s]	Vol. utile invasato W [m³]	Battente idrico H [m]
0	0,00	0,00	0,00	0,00
4	57,27	29,27	1,62	0,00
5	72,81	29,27	3,77	0,00
6	88,92	29,27	6,86	0,01
7	105,67	29,27	10,94	0,01
8	123,11	29,27	16,05	0,02
9	141,33	29,27	22,23	0,02
10	160,40	29,27	29,52	0,03
11	166,77	29,27	37,58	0,04
12	173,83	29,27	46,04	0,04
13	181,69	29,27	54,95	0,05
14	190,52	29,27	64,36	0,06
15	200,53	29,27	74,34	0,07
16	212,01	29,27	84,96	0,08
17	225,35	29,27	96,32	0,09
18	241,13	29,27	108,56	0,10
19	260,22	29,27	121,85	0,12
20	284,03	29,27	136,42	0,13
21	315,09	29,27	152,64	0,15
22	358,67	29,27	171,09	0,16
23	429,75	29,27	192,99	0,18
24	796,79	29,27	228,03	0,22
25	1288,46	29,27	288,83	0,28
26	1384,54	29,27	367,27	0,35
27	1440,09	29,27	450,25	0,43
28	1474,47	29,27	535,93	0,51
29	1493,92	29,27	623,22	0,60
30	1500,39	29,27	711,30	0,68
31	1493,26	29,27	799,35	0,76
32	1468,36	29,27	886,44	0,85
33	1411,40	29,27	971,08	0,93
34	1054,32	29,27	1043,30	1,00
35	568,65	29,27	1090,23	1,04

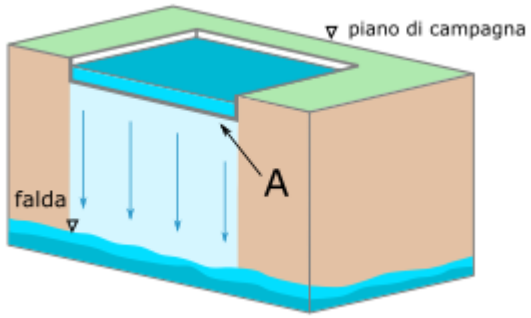
36	474,59	29,27	1119,77	1,07
37	416,92	29,27	1144,76	1,10
38	375,82	29,27	1166,79	1,12
39	344,31	29,27	1186,63	1,14
40	319,05	29,27	1204,78	1,15
41	298,17	29,27	1221,54	1,17
42	280,52	29,27	1237,14	1,18
43	265,34	29,27	1251,76	1,20
44	252,09	29,27	1265,53	1,21
45	240,41	29,27	1278,55	1,22
46	230,02	29,27	1290,91	1,24
47	220,69	29,27	1302,67	1,25
48	212,25	29,27	1313,90	1,26
49	204,57	29,27	1324,65	1,27
50	197,56	29,27	1334,96	1,28
51	191,11	29,27	1344,86	1,29
52	185,17	29,27	1354,40	1,30
53	179,67	29,27	1363,59	1,30
54	174,55	29,27	1372,46	1,31
55	169,78	29,27	1381,03	1,32
56	165,32	29,27	1389,33	1,33
57	161,14	29,27	1397,36	1,34
58	157,21	29,27	1405,16	1,34
59	153,52	29,27	1412,72	1,35
60	150,03	29,27	1420,07	1,36
61	133,40	29,27	1426,82	1,37
62	117,18	29,27	1432,58	1,37
63	101,36	29,27	1437,38	1,38
64	85,91	29,27	1441,24	1,38
65	70,82	29,27	1444,19	1,38
70	0,00	29,27	1445,86	1,38
75	0,00	29,27	1437,08	1,37
80	0,00	29,27	1428,30	1,37
85	0,00	29,27	1419,52	1,36
90	0,00	29,27	1410,74	1,35
95	0,00	29,27	1401,96	1,34
100	0,00	29,27	1393,18	1,33
105	0,00	29,27	1384,40	1,32
110	0,00	29,27	1375,62	1,32
115	0,00	29,27	1366,84	1,31
120	0,00	29,27	1358,06	1,30
125	0,00	29,27	1349,28	1,29
130	0,00	29,27	1340,50	1,28
135	0,00	29,27	1331,72	1,27
140	0,00	29,27	1322,94	1,27
145	0,00	29,27	1314,16	1,26
150	0,00	29,27	1305,38	1,25
155	0,00	29,27	1296,60	1,24
160	0,00	29,27	1287,82	1,23
165	0,00	29,27	1279,04	1,22
170	0,00	29,27	1270,25	1,22
180	0,00	29,27	1252,69	1,20
210	0,00	29,27	1200,01	1,15
240	0,00	29,27	1147,33	1,10
270	0,00	29,27	1094,65	1,05
300	0,00	29,27	1041,97	1,00
330	0,00	29,27	989,29	0,95
360	0,00	29,27	936,61	0,90

390	0,00	29,27	883,93	0,85
420	0,00	29,27	831,25	0,80
450	0,00	29,27	778,56	0,74
480	0,00	29,27	725,88	0,69
510	0,00	29,27	673,20	0,64
540	0,00	29,27	620,52	0,59
570	0,00	29,27	567,84	0,54
600	0,00	29,27	515,16	0,49
630	0,00	29,27	462,48	0,44
660	0,00	29,27	409,80	0,39
690	0,00	29,27	357,12	0,34
720	0,00	29,27	304,43	0,29
750	0,00	29,27	251,75	0,24
780	0,00	29,27	199,07	0,19
810	0,00	29,27	146,39	0,14
840	0,00	29,27	93,71	0,09
870	0,00	29,27	41,03	0,04
894	0,00	0,00	0,00	0,00

9.8. VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA (vedere capitoli 11 e 12 per descrizione sistema)

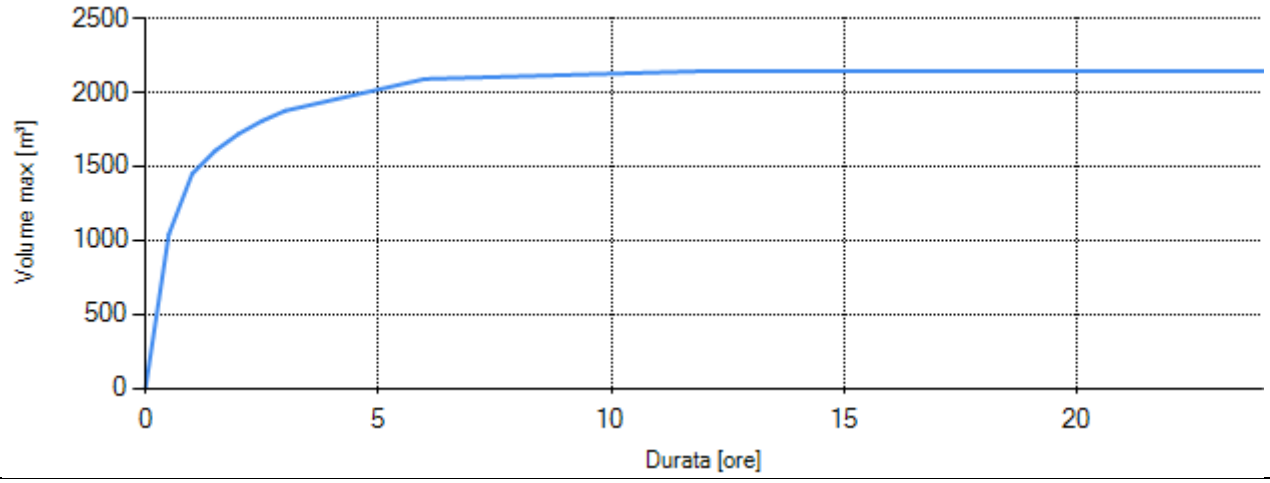
Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	1045,26	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		**Valore Ammissibile**		**VERIFICA**
Altezza utile invaso	H	1,49	≥	1,39	m	**Positiva**
Volume utile invaso	W	1557,44	≥	1447,73	m^3	**Positiva**
Tempo di svuotamento	T_{sv}	13,7	≤	48,0	ore	**Positiva**
Portata massima scaricata	Q	0,00	≤	50,58	l/s	**Positiva**

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Infiltrazione a portata costante		
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	29,27	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	2,80	m/s * 10^{-5}
Gradiente idraulico	i	1,00	m/s
Area di infiltrazione	Af	1045,26	m2

VARIAZIONE VOLUME MASSIMO INVASATO

Variazione volume massimo invasato in funzione della durata della pioggia - Grafico



Risultati tabellari

Durata pioggia [ore]	Volume [m^3]
0,0	0,00
0,5	1039,40
1,0	1447,73
1,5	1605,64
2,0	1719,33
2,5	1806,40
3,0	1875,36
6,0	2090,52
12,0	2143,34
24,0	2143,34

10. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DISPERSIONE

10.1. Soggiacenza minima

La soggiacenza minima della falda in corrispondenza del sito di progetto è stata calcolata sulla base delle misure condotte nel corso della campagna di monitoraggio di Regione Lombardia al settembre 2014 (massimo piezometrico storico dell'ultimo cinquantennio) su un piezometro della rete di monitoraggio della ST Microelecrtonics, in via Tolomeo. In tale occasione è stato registrato un livello piezometrico di 3,25 m da p.c. (132,05 m s.l.m.), cui corrisponde una quota piezometrica di 128.80 m s.l.m.
Considerato che la piezometria locale ha una direzione di flusso N-S, tale valore può essere preso come riferimento della falda massima anche per l'area di progetto.
Lo 0 di riferimento per l'area di progetto è posto a quota di 133,25 m s.l.m.
Per il sito di progetto è stata quindi considerata una quota piezometrica di minima profondità della falda da p.c. pari a 129.50 m s.l.m. con un franco di sicurezza di circa 70 cm rispetto alle misure disponibili.

10.2. Permeabilità sito-specifica

Il coefficiente di permeabilità (K) è il parametro che indica con quale facilità un terreno si lascia attraversare dall'acqua. Se l'acqua riesce a fluire con facilità attraverso i pori di un terreno, questo viene definito molto permeabile ed il suo coefficiente di permeabilità sarà elevato. Se al contrario il terreno oppone una forte resistenza al movimento dell'acqua, allora il terreno viene definito scarsamente permeabile e in questo caso il coefficiente di permeabilità sarà molto piccolo.
Il coefficiente di permeabilità ha le dimensioni di una velocità e di preferenza come unità di misura viene utilizzato il metro/sec.
Fra i parametri idrogeologici è sicuramente quello con la maggiore variabilità. In natura può assumere valori da minori di 1x10-8 m/s a maggiori di 1x10-2 m/s e pertanto si può dire esistono in natura terreni che sono 1.000.000 di volte più permeabili di altri.
In particolare, i valori del coefficiente di permeabilità possono essere correlati alle diverse litologie secondo i seguenti schemi:

Permeabilità	K (m/s)	Litologia	Classificazione dei terreni	Drenaggio delle acque
Alta	10^{-1}	Ghiaie grossolane e ciottoli senza matrice fine	Permeabili	Buono
Media	10^{-1} - 10^{-3}	Sabbie, sabbie e ghiaie	Permeabili	Discreto
Bassa	10^{-4} - 10^{-7}	Sabbie fini, limi, limi sabbioso argillosi	Semi-permeabili	Difficoltoso
Molto bassa	10^{-8} - 10^{-9}	Limi argillosi e argille	Praticamente impermeabili	Praticamente impossibile

TIPO DI TERRENO	k (m/s)
Ghiaia pulita	10^{-2} - 1
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	10^{-5} - 10^{-2}
Sabbia molto fine	10^{-6} - 10^{-4}
Limo e sabbia argillosa	10^{-9} - 10^{-5}
Limo	10^{-8} - 10^{-6}
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	10^{-8} - 10^{-4}
Roccia non fessurata	10^{-12} - 10^{-10}

Nel caso specifico sono state eseguite prove di permeabilità mediante infiltrometri a doppio anello.
Le prove sono state condotte a debole profondità, considerata la ridotta soggiacenza della falda ed il divieto di dispersione di acque di scarico (le meteoriche rientrano in tale classificazione) di cui al Dlgs 152/06 e s.m.i..
I valori di permeabilità derivanti dalle prove (compresi tra 2*10-3 e 3*10-4 m/s) condotte in sito a profondità ridotta (-2 m da p.c.) evidenziano un'alta capacità di infiltrazione del terreno, che risulta quindi favorevole alla reinfiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.
Le prove condotte hanno fornito i risultati sintetizzati nella seguente tabella:

		PI 1	***PI2***
Profondità di prova	[m]	2,00	1,70
Contenuto d''acqua iniziale	[%]	7,7	7,5
Peso di volume secco	[g/cm^3]	1,44	1,58
Conducibilità idraulica	[m/s]	$1.55*10^{-3}$	$2.80*10^{-4}$
Conducibilità idraulica a 20 °C	[m/s]	$1.63*10^{-3}$	$2.91*10^{-4}$

Per le ipotesi progettuali ai fini invarianza si è assunto cautelativamente un valore di permeabilità K media pari a 2,8E-04 m/s, corrispondente al valore di permeabilità relativo alla prova più superficiale.

11. SISTEMA DI RACCOLTA, LAMINAZIONE E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

11.1. Descrizione della soluzione progettuale e individuazione dei recapiti

Considerate le discrete caratteristiche di permeabilità del terreno e la soggiacenza della falda, è stato ipotizzato di disperdere le acque meteoriche in sistemi di laminazione superficiali (fossi disperdenti) e sistemi disperdenti sotterranei (ad esempio sistemi disperdenti in cls).

Data la ridotta profondità della falda, si è optato per settorializzare le superfici scolanti in più sottobacini, dotati ognuno di reti di collettamento di ridotto sviluppo planimetrico.
Nello specifico sono stati differenziati 5 bacini scolanti, a loro volta suddivisi in 19 sottobacini.
I diversi sottobacini sono stati collettati verso 6 sistemi di raccolta/dispersione di seguito denominati:

- T3, drenante i sottobacini A e A1
- T4, drenante i sottobacini B, B1 e B4
- T5, drenante i sottobacini B2, B3, B5 e B6
- T1+T2 drenante i sottobacini C, C1, C2, C4, E e il sottobacino C3
- R2 drenante i sottobacini D, D1, D2, D3
- R1 drenante il sottobacino D4

Il volume di laminazione sarà fornito dall'accoppiamento di 2 sistemi, uno costituito da fossi di guardia (T3, T4, T5, T1+T2) e uno costituito da sistemi disperdenti tipo in cls (R2 e R1), così dimensionati:

11.2. FOSSI DI GUARDIA

T3

b MINORE	m	1.5
B MAGGIORE	m	4.3
l	m	33
h	m	1.4
vol	mc	133.98
Q_dispersa	l/s	13.86

T4

b MINORE	m	1.5
B MAGGIORE	m	4.1
l	m	71
h	m	1
vol	mc	198.8
Q_dispersa	l/s	29.82

T5

b MINORE	m	2.0
B MAGGIORE	m	3.6
l	m	120
h	m	0.8
vol	mc	268.8
Q_dispersa	l/s	29.82

T1+T2

b MINORE	m	1.5
B MAGGIORE	m	3.7
l	m	141
h	m	1.1
vol	mc	403.26
Q_dispersa	l/s	44.52

11.3. SISTEMI DISPERDENTI IN CLS

I sistemi disperdenti in cls a sviluppo orizzontale permettono lo stoccaggio dell'acqua e la sua infiltrazione nel terreno sottostante, ad una quota maggiore della falda. Questi sistemi permettono, oltre alla dispersione sul fondo dei manufatti, anche la dispersione sulle pareti del manufatto unita ad una elevata resistenza meccanica.

Di seguito si riportano i calcoli del dimensionamento del sistema che saranno riconfermati una volta sarà selezionato il fornitore del sistema.

R2 **Volume 486,6 mc**
costituito da circa 30 moduli di dim 4,27 x h 1,5 x L 2,5 m

R1 **Volume 68,1**
costituito da circa 5 moduli di dim 4,27 x h 1,5 x L 2,5 m

Esempio di sistema disperdente in cls con sviluppo orizzontale

Tali calcoli, sopra riportati, saranno affinati dopo aver selezionato l'opportuno fornitore.

11.4. Dimensionamento del sistema di dispersione

La portata uscente è rappresentata dalla portata smaltita mediante infiltrazione.
In questa sede cautelativamente si è assunto che la portata sia dispersa solo attraverso la superficie di fondo della vasca o del fosso drenante; tale portata è determinata in base alla legge di Darcy Q=k*A*i, con:

- k=coefficiente di permeabilità medio assunto pari a 2,8 x 10 -4 m/s, determinato come indicato nel Paragrafo 3.3.2 "Permeabilità sito-specifica'"
- A=superficie di infiltrazione, assunta cautelativamente pari alla sola superficie di fondo della vasca
- i=gradiente idraulico assunto pari a 1.